



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.03.2015 Patentblatt 2015/13

(51) Int Cl.:
E02B 17/00^(2006.01) E02D 27/52^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14185475.2**

(22) Anmeldetag: **19.09.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Bartminn, Daniel**
25335 Elmshorn (DE)
• **Quintana Saavedra, Jesus David**
22415 Hamburg (DE)

(30) Priorität: **24.09.2013 DE 102013015819**

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel**
Sattlerweg 14
51429 Bergisch Gladbach (DE)

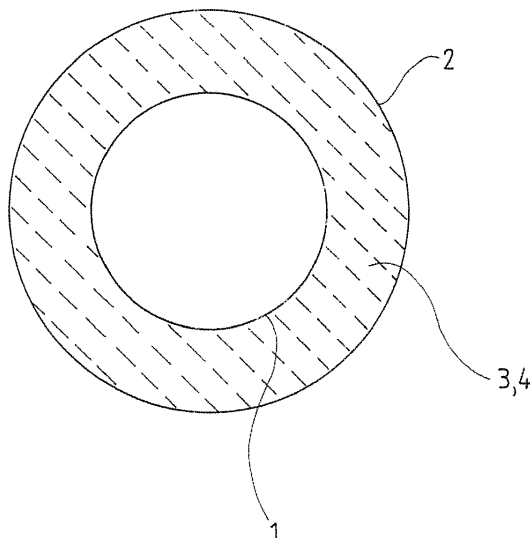
(71) Anmelder: **RWE Innogy GmbH**
45127 Essen (DE)

(54) **Bauwerksstruktur insbesondere Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks und Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks**

(57) Die Anmeldung betrifft eine Bauwerksstruktur, insbesondere eine Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks, umfassend wenigstens zwei aneinander angeschlossene oder einander wenigstens teilweise umschließende Bauelemente aus Stahl, die wenigstens ein mit einer aushärtbaren Vergussmasse (4) gefülltes Vo-

lumen zumindest teilweise umschließen, wobei sich die Bauwerksstruktur dadurch auszeichnet, dass als Vergussmasse (4) eine hydraulisch abbindende Masse vorgesehen ist, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Bauwerksstruktur, insbesondere eine Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks, umfassend wenigstens zwei aneinander angeschlossene oder einander wenigstens teilweise umschließende Bauelemente aus Stahl, die wenigstens ein mit einer aushärtbaren Vergussmasse gefülltes Volumen zumindest teilweise umschließen.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks, umfassend eine Unterwasserstruktur mit wenigstens einem Stützbein und/oder wenigstens einer Pfahlführung an der Unterwasserstruktur, wobei das Verfahren das Erstellen wenigstens eines Gründungspfahls im Meeresuntergrund und das Verbinden der Unterwasserstruktur mit dem Gründungspfahl sowie das Vergrauen des Stützbeins in dem Gründungspfahl oder das Vergrouten eines Ringraums zwischen der Pfahlführung und dem Gründungspfahl umfasst.

[0003] Eine Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art sind beispielsweise aus der WO 2011/010937 A1 bekannt.

[0004] Offshore-Gründungen werden häufig als Pfahlgründungen ausgeführt, wobei in den Meeresgrund üblicherweise ein oder mehrere Gründungspfähle gerammt oder eingespült werden. Die Pfähle sind häufig als Hohlpfähle aus Stahl ausgebildet, die über eine vorgegebene Länge in den Meeresuntergrund verbracht werden. Auf diese Pfähle wird eine Unterwasserstruktur beziehungsweise Verankerungsstruktur des Offshore-Bauwerks, beispielsweise in Form eines Jacket-Fundaments, aufgesetzt. Das Jacket-Fundament nimmt später ein Übergangsstück (transition piece) und ein auf dem Übergangsstück errichtetes Bauwerk auf. Die Stützbeine der Struktur können beispielsweise mit sogenannten piles sleeves versehen sein, die in der Einbaulage von den Gründungspfählen durchsetzt sind. Alternativ können die Stützbeine in die Gründungspfähle eintauchen. In beiden Fällen ist es üblich, die Bauelemente im Bereich ihrer gegenseitigen Durchdringung zu vergrouten, das heißt mit einer hydraulisch aushärtbaren Vergussmasse zu verbinden. Als Vergussmassen (grout) finden hochviskose Betone Anwendung, die nach deren Aushärten Kräfte zwischen den einander umschließenden Teilen der Bauelemente übertragen.

[0005] Insbesondere Offshore-Bauwerke sind durch Wellen und Windeinwirkung dynamisch zyklischen Lasten ausgesetzt, so dass über die Lebensdauer des Bauwerks Zug- und Druckspannungen in die Vergussmasse eingetragen werden. Mit der Zeit unterliegt der Beton einer gewissen Schwindung, wodurch der Oberflächenkontakt des Betons mit dem Stahl unter Umständen vermindert wird, so dass Zugspannungen im Beton zu einer Rissbildung und zu einer verminderten Materialfestigkeit des Betons führen.

[0006] Es sind Bemühungen bekannt, die Duktilität des

Betons durch eine Füllung mit Kunststofffasern zu verbessern. Darüber hinaus ist es auch bekannt, die Zugfestigkeit des Materials durch entsprechende Armierung oder durch Stahlfüllungen zu verbessern.

[0007] Es hat sich dennoch herausgestellt, dass die Dauerfestigkeit solcher vergossener Verbindungen insbesondere unter dynamischen Lasten nicht zufriedenstellend ist.

[0008] Ähnliche Probleme treten bei Flanschverbindungen auf, bei denen die miteinander verflanschten Bauelemente, beispielsweise in Form von Rohrschüssen aus Stahlrohr mit einer Vergussmasse verfüllt sind. Bei solchen mit vorgespannten Bolzen gesicherten Verbindungen kann einer entsprechenden Beeinträchtigung der Betonfüllung dazu führen, dass die Zugspannung im Bereich der Bolzenverbindungen verloren geht, so dass sich die Verbindungen lösen können.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Bauwerksstruktur sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei welchem die Dauerfestigkeit der vergossenen Verbindungen insbesondere bei Einwirkung dynamisch zyklischer Lasten verbessert ist.

[0010] Die Aufgabe wird zunächst gelöst durch eine Bauwerksstruktur, insbesondere eine Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks, umfassend wenigstens zwei aneinander angeschlossene oder einander teilweise umschließende Bauelemente aus Stahl, die wenigstens ein mit einer aushärtbaren Vergussmasse gefülltes Volumen zumindest teilweise umschließen, wobei sich die Bauwerksstruktur dadurch auszeichnet, dass als Vergussmasse eine hydraulisch abbindende Masse vorgesehen ist, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

[0011] Dadurch wird erfindungsgemäß einerseits einer sonst üblichen Schwindung der Vergussmasse entgegengewirkt und andererseits wird über die gesamte Lebensdauer der Bauwerksstruktur eine Vorspannung im Bereich der vergossenen Verbindung erzielt, die einer vorzeitigen Relaxation entgegenwirkt.

[0012] Dies ist besonders dann zweckmäßig und vorteilhaft, wenn das Volumen zweier einander durchdringender Bauwerksstrukturen mit einer solchen hydraulisch abbindenden Masse vergossen ist, die nach dem Abbinden eine Volumenzunahme erfährt.

[0013] Zweckmäßigerweise erfolgt diese Volumenzunahme über längere Zeit und in einem Maße derart, dass sichergestellt ist, dass die Festigkeitsgrenzen der Bauwerksstruktur nicht überschritten werden.

[0014] Eine Bauwerksstruktur im Sinne der vorliegenden Erfindung muss nicht notwendigerweise eine Unterwasserstruktur sein. Auch vergossene Verbindungen, die sich nicht Unterwasser befinden, unterliegen strukturellen Veränderungen, beispielsweise in Form von Trocknungsschwindungen. Auch bei solchen Bauwerksstrukturen ist es sinnvoll und zweckmäßig, die umschlossenen Volumina mit einer hydraulisch abbindenden Masse zu verfüllen, die nach deren Aushärtung eine Volu-

menzunahme erfährt.

[0015] Die Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung umfasst sowohl einander teilweise umschließende strukturelle Bauelemente mit beispielsweise ringraumförmigen Volumina als auch solche Bauelemente, die beispielsweise stoßseitig mit verbolzten Flanschverbindungen aneinander angeschlossen sind.

[0016] Bei einer besonders vorteilhaften Variante der Unterwasserstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass als Vergussmasse ein Beton vorgesehen ist, der einen Alkali-Silikat reaktiven Zuschlag umfasst. Hierdurch wird im Beton eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion zwischen den Alkalien des Zements im Beton und den Betonzuschlägen mit alkalilöslicher Kieselsäure erzeugt. Diese Reaktion verursacht ein Treiben beziehungsweise eine Volumenzunahme des Betons, welches sich die erfindungsgemäße Struktur zu Nutze macht, um eine Vorspannung zwischen den einander umschließenden Bauelementen der Bauwerksstruktur zu erzeugen.

[0017] Eine solche Reaktion ist bei nicht umschlossenen beziehungsweise eingespannten Betonteilen normalerweise nicht erwünscht und führt normalerweise zur Zerstörung des betreffenden Bauwerks. Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zu Nutze, dass ein Auftreiben der Vergussmasse infolge einer Alkali-Reaktion bei zumindest überwiegend von Bauwerksstrukturen eingeschlossenen Vergussmassen im Wesentlichen unschädlich ist.

[0018] Bei einer vorteilhaften Variante der Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Beton einen Alkaligehalt zwischen 1 kg/m^3 und 5 kg/m^3 Na_2O -Äquivalent aufweist. Vorzugsweise besitzt der Beton einen Alkaligehalt $> 1 \text{ kg/m}^3$ weiterhin vorzugsweise $> 3 \text{ kg/m}^3$. Ein Wert von 5 kg/m^3 sollte nicht überschritten werden.

[0019] Alkaligehalte von Zement und Beton werden üblicherweise als sogenanntes Na_2O -Äquivalent angegeben. Das Na_2O -Äquivalent ergibt sich aus der Summe des Na_2O -Anteils und des mit einem Faktor belegten K_2O -Anteils.

[0020] Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass Betone mit einem Alkaligehalt von über 1 kg/m^3 Na_2O -Äquivalent bereits nach deren Aushärtung eine Volumenzunahme erfahren, die ausreicht, um über längere Zeiträume eine Vorspannung der vergossenen Verbindung zu erreichen. Der Alkaligehalt des Betons ergibt sich naturgemäß aus dem Alkaligehalt des Zements und dem Zuschlagsstoff, unter der Annahme, dass kein alkalihaltiger Betonzusatzstoff dem Zement beigefügt ist.

[0021] Beton besteht üblicherweise aus dem Zement, gegebenenfalls einem Betonzusatzstoff, der volumetrisch Berücksichtigung findet, und einem Zuschlag sowie einer Wasserbeigabe. Der Zement ist hydraulisch reaktiv und bewirkt mit der Wasserbeigabe das hydraulische Abbinden der Mischung.

[0022] Bei einer besonders bevorzugten Variante der Bauwerkstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Zement ein Na_2O -Äquivalent von $> 0,6 \text{ M.-%}$

besitzt.

[0023] Insbesondere alkaliempfindliche Zuschläge, beispielsweise Gesteinskörnungen, führen in Verbindung mit Zementen mit einem Na_2O -Äquivalent von $> 0,6 \text{ M.-%}$ zu der gewünschten Volumenzunahme des Betons.

[0024] Der Zuschlag ist vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Schluffstein, Kalkstein, Quarzit, Grauwacke, Granit, Diorit, Gabbro, rhyolitischer Tuff, Chloritschiefer oder Basalt.

[0025] Der Zuschlag kann mehr als 1 M.-% reine Kristalline oder amorphe Silikatminerale umfassen, die vorzugsweise ausgewählt sind aus einer Gruppe umfassen Opal, Cristobalit, Obsidian oder anderes vulkanisches oder künstliches Glas.

[0026] Unter vulkanischem Glas im Sinne der vorliegenden Anmeldung ist ein amorphes Vulkalit mit hohem Silikatanteil zu verstehen.

[0027] Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Volumenzunahme der Betonzusammensetzung nach einem Jahr unter Testbedingungen nach ASTM C1293 zwischen $0,06$ und $0,24 \text{ %}$ beträgt.

[0028] Bei Verwendung moderat alkalireaktiver Zuschläge kann beispielsweise die Volumenzunahme im Bereich von $0,06 \text{ %}$ oder geringfügig mehr als $0,06 \text{ %}$ betragen.

[0029] Bei Verwendung hoch alkalireaktiver Zuschläge und gegebenenfalls hoch alkalihaltiger Zemente kann die Volumenzunahme in der Größenordnung von $0,12 \text{ %}$ betragen. Bei Verwendung extrem reaktiver Zuschläge und/oder Zemente mit extrem hohem Alkalianteil kann die Volumenzunahme nach einem Jahr mehr als $0,24 \text{ %}$ betragen.

[0030] Die Wasserzugabe des gießfertigen Betons wird vorzugsweise so gewählt, dass die relative innere Feuchtigkeit des Betons nach zwei Jahren etwa 80 % beträgt.

[0031] Bei einer besonders zweckmäßigen und vorteilhaften Variante der Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Zement ohne Betonzusatzstoffe Anwendung findet.

[0032] Bei Verwendung von Flugasche als Betonzusatzstoff mit einem Anteil von weniger als 8 M.-% CaO sollte der Anteil des Betonzusatzstoffes $< 30 \text{ M.-%}$ betragen. Bei Verwendung von Flugasche mit einem CaO-Anteil von 8 bis 20 M.-% sollte der M.-% -Anteil des Betonzusatzstoffes $< 35 \text{ %}$ betragen.

[0033] Bei Verwendung von Flugasche mit einem Anteil von 8 bis 20 M.-% CaO als Betonzusatzstoff sollte der Anteil des Betonzusatzstoffes $< 60 \text{ M.-%}$ betragen, bei Verwendung von Silikatstaub $< 12 \text{ M.-%}$, bei Verwendung von Schlacke $< 65 \text{ M.-%}$ und bei Verwendung von Metakaolin $< 20 \text{ M.-%}$. Bei der Verwendung von Flugasche als Betonzusatzwerkstoff sollte der Anteil von CaO in der Flugasche idealer Weise über 15 M.-% betragen.

[0034] Bei einer bevorzugten Variante der Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung sind als Strukturbaulemente wenigstens ein Gründungspfehl im Meeresunter-

grund und wenigstens ein Stützbein oder wenigstens eine Pfahlführung an einer Gründungsstruktur des Offshore-Bauwerks vorgesehen und die Vergussmasse füllt einen Ringraum zwischen dem Stützbein oder der Pfahlführung einerseits und dem Pfahl andererseits aus.

[0035] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks, umfassend eine Unterwasserstruktur mit wenigstens einem Stützbein oder wenigstens einer Pfahlführung an der Unterwasserstruktur, wobei das Verfahren das Erstellen wenigstens eines Gründungspfahls im Meeresuntergrund und das Verbinden der Unterwasserstruktur mit dem Gründungspfahl sowie das Vergrouten des Stützbeins in dem Gründungspfahl oder das Vergrouten eines Ringraums zwischen der Pfahlführung und dem Gründungspfahl umfasst, und wobei als Vergussmasse eine hydraulisch abbindende Masse verwendet wird, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

[0036] Als Vergussmasse findet zweckmäßigerweise ein Beton der vorstehend beschriebenen Art Anwendung.

[0037] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

[0038] Es zeigen:

Figur 1: einen Längsschnitt durch eine Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung und

Figur 2: einen Querschnitt entlang der Linien II-II in Figur 1,

Figur 3: einen Graphen für die Grenzsieblinien für Gesteinskörnungen als Zuschlag mit einem Größtkorn von 8 mm und

Figur 4: einen Graphen für die Grenzsieblinien für Gesteinskörnungen als Zuschlag mit einem Größtkorn von 16 mm.

[0039] Die Figuren 1 und 2 zeigen einen Teil einer unter Wasser befindlichen Verankerungsstruktur eines Offshore-Bauwerks. Die Verankerungsstruktur umfasst ein Stützbein 1, welches in einen im Meeresuntergrund verankerten Gründungspfahl 2 eingesetzt ist. Die Verankerungsstruktur ist beispielsweise als sogenanntes Jacket-Fundament mit mehreren Stützbeinen 1 ausgeführt, welche ein Übergangsstück (transition piece) und ein darauf errichtetes Bauwerk, beispielsweise in Form eines Turmes mit einem Windkraftgenerator aufnimmt.

[0040] Das Stützbein 1 ist Teil der Stahlkonstruktion des Jacket-Fundaments und taucht über eine vorgegebene Einbettungslänge in den Gründungspfahl 2 ein. Der Gründungspfahl 2 ist beispielsweise als Stahlrohr ausgeführt, dieser wurde in den Meeresuntergrund eingerammt oder eingespült. Das Stützbein 1 kann beispielsweise auf einer Füllung innerhalb des Gründungspfahls

2 abgesetzt sein. Alternativ kann sich dieses beispielsweise über ein sogenanntes Bracket auf dem Gründungspfahl 2 abstützen.

[0041] Der zwischen dem Gründungspfahl 2 und dem diesen durchsetzenden Stützbein 1 gebildete Ringraum 3 ist in bekannter Art und Weise vergroutet, das heißt mit einer aushärtbaren Vergussmasse 4 gefüllt.

[0042] Obwohl im Folgenden die Erfindung unter Bezugnahme auf die Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks mit wenigstens einem Stützbein erläutert wird, ist die Erfindung grundsätzlich so zu verstehen, dass die Anordnung des Stützbeins 1 in dem Gründungspfahl 2 repräsentativ für wenigstens zwei einander teilweise umschließende oder teilweise durchsetzende Bauelemente aus Stahl sein soll, die eine äußere Umschließung und eine innere Umschließung bilden. In diesem Falle definiert der Gründungspfahl 2 die äußere Umschließung, das Stützbein 1 hingegen die innere Umschließung, der zwischen diesen gebildete Ringraum 3 bildet das zu verfüllende Volumen. Über die in dem Ringraum 3 eingeführte Vergussmasse 4 wird eine Festlegung der inneren Umschließung bezüglich der äußeren Umschließung bewirkt, wobei die Vergussmasse 4 im ausgehärteten Zustand Kräfte zwischen dem Stützbein 1 und dem Gründungspfahl 2 überträgt.

[0043] Die Vergussmasse 4 innerhalb des Ringraums kann zusätzlich mit Armierungselementen durchsetzt sein. Im Falle des beschriebenen Ausführungsbeispiels sind auf der Innenseite des Gründungspfahls 2 Scherdübel 5 vorgesehen, die in die Vergussmasse 4 eingebettet sind. Alternativ können die Scherdübel 5 auch an dem Stützbein 1 vorgesehen sein. Anstelle von Scherdübeln 5 können auch Ausnehmungen/Öffnungen im Stützbein 1 und/oder am Gründungspfahl 2 vorgesehen sein, in die die Vergussmasse 4 hineinfließt und so einen Formschluss erzeugt. Im vorliegenden Fall ist als Vergussmasse ein Beton vorgesehen, der mit einem Alkali-Silikat reaktiven Zuschlag hergestellt wurde und dessen Zement ein Na_2O -Äquivalent von mehr als 0,6 M.-% aufweist. Als Zuschlag für den Beton wurde beispielsweise eine Gesteinskörnung mit einem Größtkorn von 8 mm oder einem Größtkorn von 16 mm gewählt, die als Gesteinsarten beispielsweise Granit, Diorit, Grabbo, Basalt, Quarzit, Grauwacke oder dichte Kalksteine umfasst, so dass der Alkaligehalt des Betons, also der fertigen Mischung aus Zement und Zuschlag einen Alkaligehalt von mehr als $1 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent aufweist. Idealerweise beträgt der Alkaligehalt des Betons mehr als $3 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent. Ein solcher Alkaligehalt wird beispielsweise erreicht, wenn silikathaltige Kalksteine als Zuschlag verwendet werden.

[0044] Wenn Schluffstein oder Siltstein als Zuschlag Anwendung findet, kann der Alkaligehalt des Betons mehr als $4 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent betragen.

[0045] In den Figuren 3 und 4 sind die Grenzsieblinien für Gesteinskörnungen mit einem Größtkorn von 8 mm (Figur 3) und einem Größtkorn von 16 mm (Figur 4) dargestellt, wobei bei der Verwendung einer Gesteinskör-

nung mit einem Größtkorn von 8 mm Zuschläge mit den Sieblinien A8 oder B8 verwendet werden, bei einem Größtkorn von 16 mm werden Zuschläge mit den Sieblinien A16 oder B16 verwendet.

[0046] Die Sieblinien werden mit Maschensieben und Quadratlochsieben gemäß DIN ISO 3310-1 und DIN ISO 3310-2 ermittelt, wobei oberhalb einer Korngröße von 2,5 mm Quadratlochsiebe Anwendung finden.

[0047] Bei den Zuschlägen werden solche Gesteinskörnungen bevorzugt, die ein größeres E-Modul und eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit aufweisen. Dies sind bevorzugt Granite, Diorite Grabbo, Basalt, Quarzit sowie Kalkstein mit einer höheren Dichte.

Die bevorzugte Betonmischung begünstigt bei Anwesenheit von Wasser eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion, die zum Auftreiben des Betons nach dessen Erhärtung, das heißt nach Vollendung des hydraulischen Abbindeprozesses, führt.

[0048] Die Zusammensetzung des Betons wird so gewählt, dass die Volumenzunahme nach einem Jahr wenigstens 0,06 % beträgt. Die Volumenzunahme wird vorzugsweise an einem Betonblock gemäß Teststandard nach ASTM C1293 ermittelt.

[0049] Die Volumenzunahme bei moderat reaktiven Betonmischungen beträgt etwa 0,06 %, bei hoch reaktiven Betonmischungen kann die Volumenzunahme etwa 0,12 % betragen, bei Verwendung extrem reaktiver Betonmischungen kann die Volumenzunahme etwa 0,24 % oder mehr betragen.

[0050] Unter reaktiv im Sinne der vorliegenden Erfindung wird die Alkali-Kieselsäure-Reaktivität der Mischung zu verstehen. Als Alkali-Kieselsäure-Reaktion bezeichnet man die chemische Reaktion zwischen den Alkalien im Zement und den Betonzuschlägen mit alkalilöslicher Kieselsäure. Diese Alkali-Kieselsäure-Reaktion wird auch als Alkali-Aggregat-Reaktion bezeichnet.

Bezugszeichenliste

[0051]

- 1 Stützbein
- 2 Gründungspfahl
- 3 Ringraum
- 4 Vergussmasse
- 5 Scherdübel

Patentansprüche

1. Bauwerksstruktur, insbesondere Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks, umfassend wenigstens zwei aneinander angeschlossene oder einander wenigstens teilweise umschließende Bauelemente aus Stahl, die wenigstens ein mit einer aushärtbaren Vergussmasse (4) gefülltes Volumen zumindest teilweise umschließen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergussmasse (4) eine hydraulisch abbindende Masse vorgesehen ist, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

2. Bauwerksstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergussmasse ein Beton vorgesehen ist, der einen Alkali-Silikat reaktiven Zuschlag umfasst.

3. Bauwerksstruktur nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beton einen Alkaligehalt zwischen 1 kg/m³ und 5 kg/m³ Na₂O-Äquivalent, vorzugsweise ≥ 1 kg/m³, vorzugsweise ≥ 2 kg/m³, vorzugsweise ≥ 3 kg/m³ und vorzugsweise ≥ 4 kg/m³ aufweist.

4. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zement ein Na₂O-Äquivalent von $> 0,6$ M.-%, vorzugsweise ein Na₂O-Äquivalent von $> 0,7$ M.-%, vorzugsweise ein Na₂O-Äquivalent von $> 1,1$ M.-%, weiterhin vorzugsweise ein Na₂O-Äquivalent von ≥ 2 M.-% aufweist.

5. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuschlag ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Schluffstein, Kalkstein, Quarzit, Grauwacke, Granit, Diorit, Grabbo, rhyolitischer Tuff, Chloritschiefer, Basalt.

6. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuschlag mehr als 1 M.-% reine kristalline oder amorphe Silikatminerale, vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Opal, Cristobalit, Obsidian oder anderes vulkanisches oder künstliches Glas enthält.

7. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Volumenzunahme der Betonzusammensetzung nach einem Jahr unter Testbedingungen nach ASTM C1293 zwischen 0,06 und 0,24 M.-% beträgt.

8. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zement ohne Betonzusatzstoffe Anwendung findet.

9. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Bauelemente wenigstens ein Gründungspfahl (2) im Meeresuntergrund und wenigstens ein Stützbein (1) oder wenigstens eine Pfahlführung an einer Gründungsstruktur eines Offshore-Bauwerks vorgesehen sind und dass die Vergussmasse (4) einen Ringraum (3) zwischen dem Stützbein (1) oder der Pfahlführung einerseits und dem Gründungspfahl (2) andererseits ausfüllt.

10. Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks, umfassend eine Unterwasserstruktur mit wenigstens

tens einem Stützbein (1) oder wenigstens einer Pfahlführung an der Unterwasserstruktur, wobei das Verfahren das Erstellen wenigstens eines Gründungspfahls (2) im Meeresuntergrund und das Verbinden der Unterwasserstruktur mit dem Gründungspfahl (2) sowie das Vergrouten des Stützbeins (1) in dem Gründungspfahl oder das Vergrouten eines Ringraums (3) zwischen der Pfahlführung und dem Gründungspfahl (2) umfasst, und wobei als Vergussmasse (4) eine hydraulisch abbindende Masse verwendet wird, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergussmasse (4) ein Beton mit den Merkmalen eines der Ansprüche 2 bis 9 Anwendung findet.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

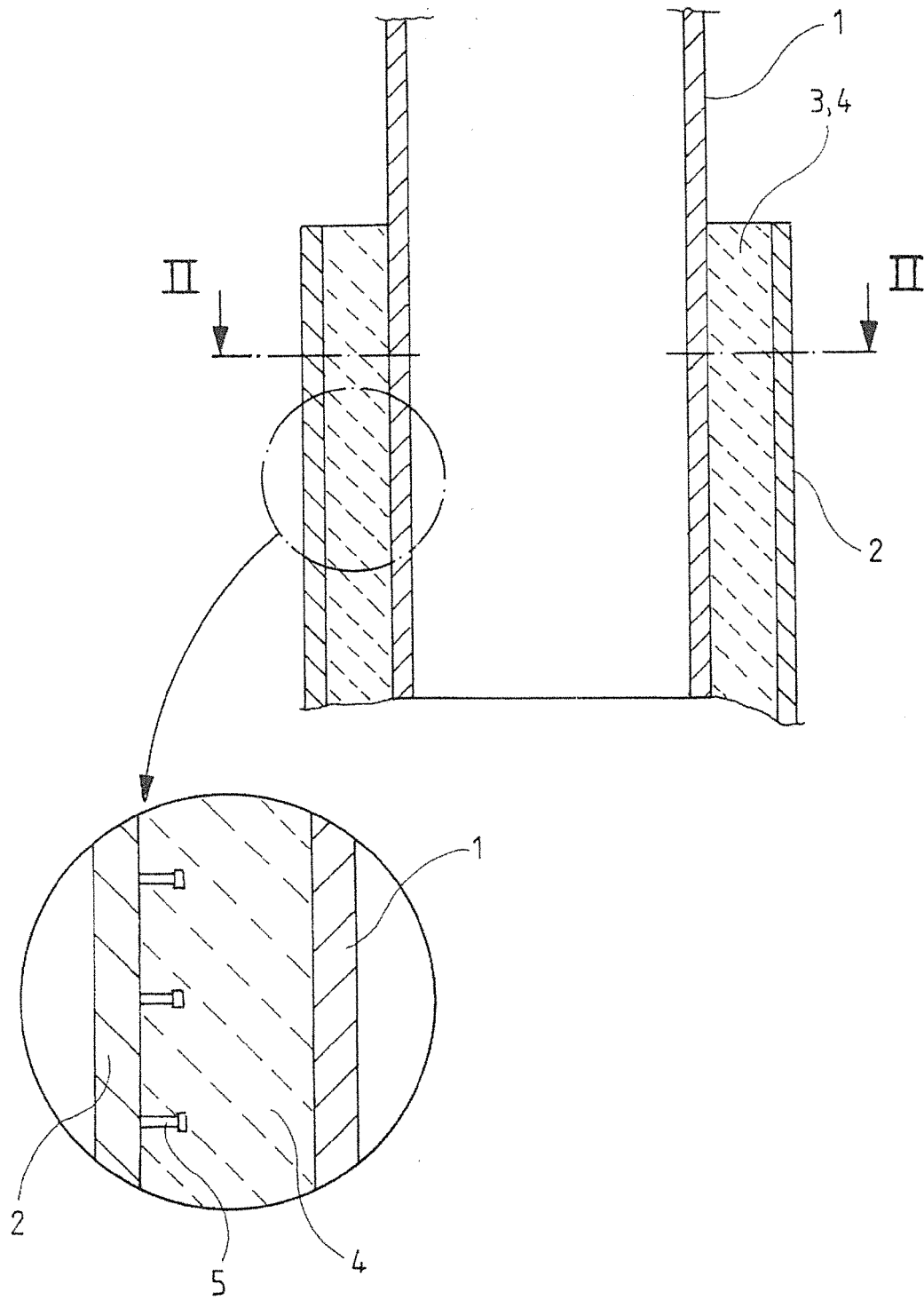
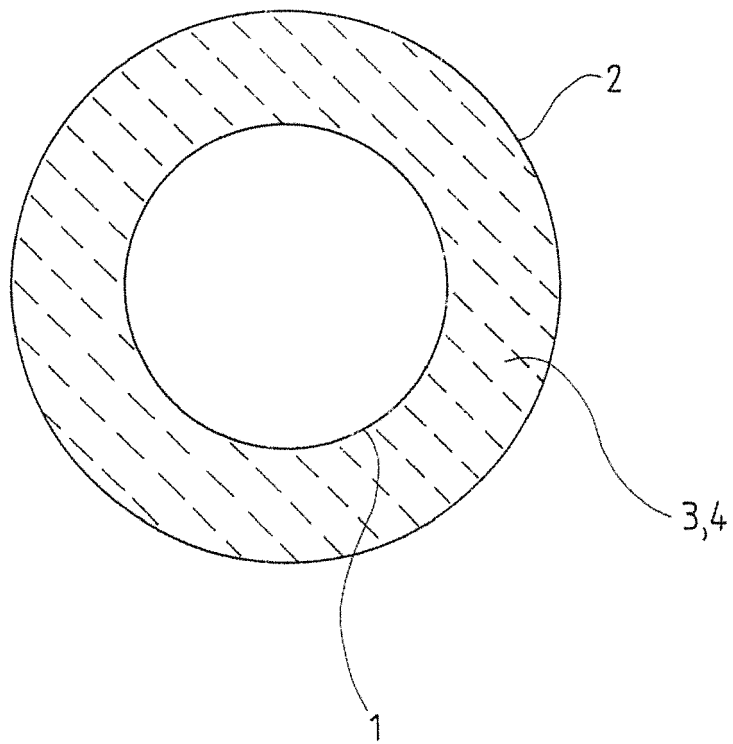


Fig. 2



Volumenanteil [%]

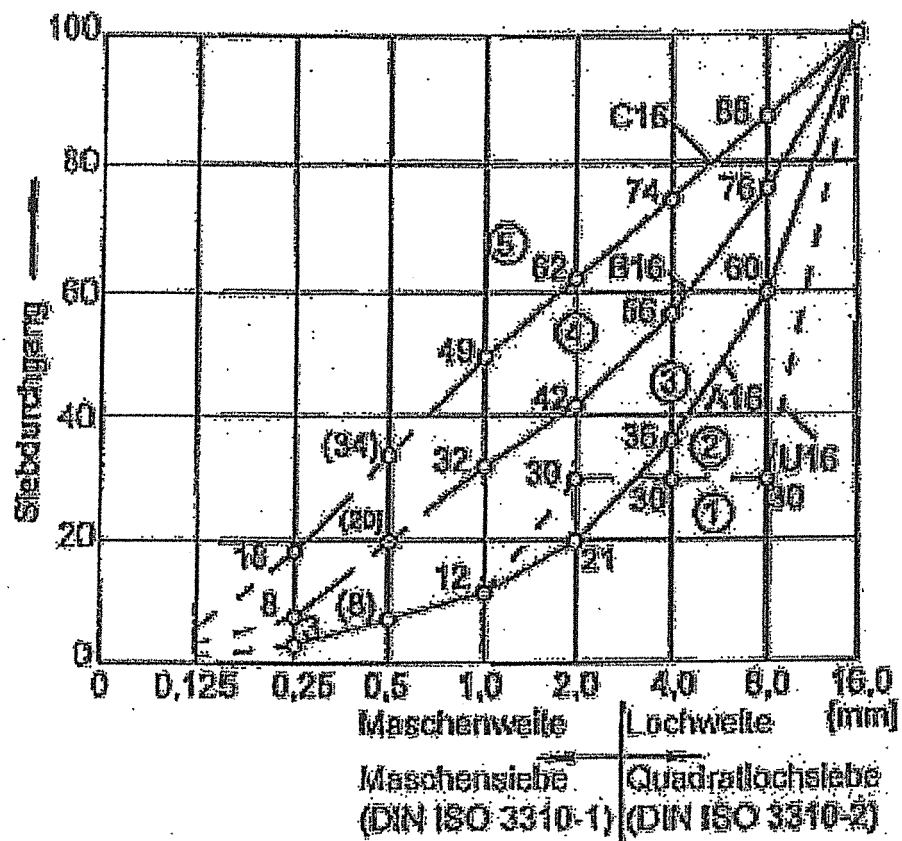


Fig. 3

Volumenanteil [%]

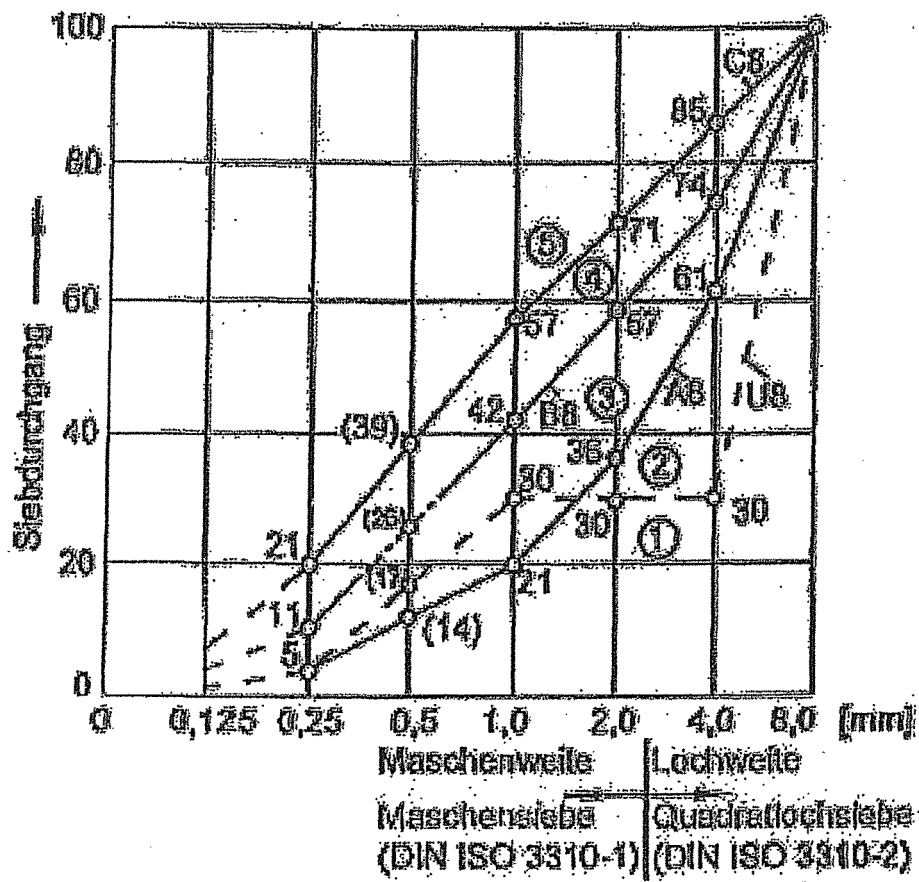


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2011010937 A1 [0003]